

## ผลของอุณหภูมิต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของพริกไทยสด Effects of Temperatures on Quality and Storage Life of Green Pepper (*Piper nigrum* L.)

ศรีัญญา ผ่องการ<sup>1</sup> และ อัจฉม์ชญาณ์ มงคลชัยพฤกษ์<sup>1,\*</sup>  
Sarinya Pongkarn<sup>1</sup> and Anchaya Mongkolchaiyaphruek<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

<sup>1</sup> Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

รับเรื่อง: 22 พฤศจิกายน 2563 Received: 22 November 2020

ปรับแก้ไข: 3 มกราคม 2563 Revised: 3 January 2020

รับตีพิมพ์: 5 มกราคม 2563 Accepted: 5 January 2020

\* Corresponding author: agrctt@ku.ac.th

**ABSTRACT:** Fresh green pepper (*Piper nigrum* L.) is used as spice and seasoning. Browning is an important problem resulting in a reduction of shelf life. This research aimed to find out an appropriate low temperature in order to extend the storage and shelf life of green pepper. Green peppers were packed in a tray and wrapped with plastic film, then stored at 5 and 10°C, 90–95% relative humidity for 18 days. Quality measurement was performed every two days in the green pepper stored continuously at low temperature compared to the one those after transferred to 25°C, 80–85% relative humidity for 2 days. Experiment was conducted in Randomized completely design (CRD) including three replicates which one tray per replicate, with five spikes in each. Result showed that green peppers could be stored at 5 and 10°C up to 10 days with low evidences of fruit and peduncle browning, shrived fruits, and with aroma acceptance after transferred to the higher temperature. Continuous storage of green peppers at 5°C showed more fresh weight and aroma acceptance score, and lower evidences of fruit and peduncle browning, ethylene production and respiration compared to the one those stored continuously at 10°C. The quality of green peppers continuously stored at 5 and 10°C were accepted along 18 and 16 days of cold storage, respectively.

**Keywords:** Browning, green pepper, temperature

Agricultural Sci. J. (2020) Vol. 51(2): 192–208

ว. วิทย์. กษ. (2563) 51(2): 192–208

## บทคัดย่อ

พริกไทย (*Piper nigrum* L.) เป็นพืชสมุนไพรและเครื่องเทศ ปัญหาสำคัญของพริกไทยสดคือการเกิดสีน้ำตาลของผลซึ่งส่งผลให้มีอายุการวางจำหน่ายสั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาอุณหภูมิต่ำที่เหมาะสมในการเก็บรักษาและยืดอายุการวางจำหน่ายพริกไทยสด โดยนำพริกไทยสดบรรจุในถาดหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกและนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90–95 เปอร์เซ็นต์ระยะเวลา 18 วัน ประเมินคุณภาพของพริกไทยสดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำอย่างต่อเนื่องทุก 2 วัน เปรียบเทียบกับพริกไทยสดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำและนำมาวางไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80–85 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2 วัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ กรรมวิธีมี 3 จำนวนซ้ำ จำนวนซ้ำละ 1 ถาด แต่ละถาดมีพริกไทยสด 5 ซ่อ จากผลการศึกษาพบว่า พริกไทยสดบรรจุในถาดหุ้มฟิล์มพลาสติกสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียสได้นาน 10 วัน โดยเมื่อนำมาวางไว้ที่อุณหภูมิสูงขึ้นมีการเกิดสีน้ำตาลของผล ก้านช่อผล และการเหี่ยวของผลน้อย รวมทั้งยังมีการยอมรับของผู้บริโภคด้านกลิ่น ทั้งนี้ การเก็บรักษาผลพริกไทยสดอย่างต่อเนื่องที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ส่งผลให้พริกไทยสดมีน้ำหนักสดและการยอมรับของผู้บริโภคด้านกลิ่นมากกว่า รวมทั้ง แสดงอาการสีน้ำตาลของผล ก้านช่อผล การผลิตเอทิลีน และการหายใจน้อยกว่าพริกไทยสดที่เก็บรักษาอย่างต่อเนื่องที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส โดยพริกไทยสดเก็บรักษาอย่างต่อเนื่องที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 18 และ 16 วัน ตามลำดับ

**คำสำคัญ:** การเกิดสีน้ำตาล, พริกไทยสด, อุณหภูมิ

## บทนำ

พริกไทย (*Piper nigrum* L.) เป็นพืชสมุนไพรและเครื่องเทศที่มีความสำคัญ เนื่องจากมีคุณสมบัติช่วยกระตุ้นการหลั่งน้ำย่อยในกระเพาะอาหาร ช่วยลดไขมันในเส้นเลือด ในด้านเครื่องเทศพริกไทยมีคุณสมบัติช่วยปรุงรส แต่งกลิ่น เพิ่มความเผ็ดให้กับอาหาร พริกไทยจึงเป็นที่นิยมของผู้บริโภคทั้งในและต่างประเทศ โดยสามารถบริโภคในลักษณะเป็นพริกไทยเปลือกแห้ง (พริกไทยดำ) เมล็ดแห้งกระเพาะเปลือก (พริกไทยขาว) และบริโภคในรูปพริกไทยเขียว (พริกไทยสด) จากผลพริกไทยที่ยังไม่แก่จัด เพื่อนำไปปรุงแต่งอาหารในรูปแบบที่รับประทานได้ทั้งผล เป็นกึ่งผักกึ่งพืชเครื่องเทศ (Suamsiri, 2008) ซึ่งพันธุ์พริกไทยที่นิยมปลูกเพื่อบริโภคเป็นพริกไทยสดคือ พันธุ์ซิลอน ปัญหาสำคัญของพริกไทยสด คือ การเหี่ยวและเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลดำของผลอย่างรวดเร็วภายหลังการเก็บเกี่ยว ส่งผลให้มีอายุการวางจำหน่ายสั้น ทั้งนี้ ผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวจะเสื่อมคุณภาพง่าย การเก็บรักษาผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวจึงเป็นสิ่งจำเป็น การเก็บรักษาผลผลิตทำได้หลายวิธี ซึ่งการเก็บรักษาโดยใช้อุณหภูมิต่ำเป็นวิธีการหนึ่งที่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากอุณหภูมิต่ำสามารถลดอัตราการหายใจ การสร้างเอทิลีนชะลอการสุกและกระบวนการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ รวมทั้งการเกิดสีน้ำตาลของผลผลิตผล (Moon *et al.*, 2020) อย่างไรก็ตาม อุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษาไม่ควรต่ำเกินไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผลผลิตผลเขตร้อน เช่น กล้วย มะม่วง กะเพรา และโหระพา เป็นต้น เนื่องจากด้วยอุณหภูมิที่ต่ำเกินไปจะทำให้ผลผลิตเกิดอาการสะท้านหนาว ซึ่งโดยทั่วไปอุณหภูมิ 12–13 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผลผลิตผลเขตร้อน (Ketsa, 1995; Wongsheree *et al.*, 2009) ทั้งนี้ การบรรจุผลผลิตผลในสภาพบรรยากาศดัดแปลง เช่น การเคลือบผิว การห่อหุ้มด้วยฟิล์มหรือ

ถุงพลาสติก สามารถลดความเสียหายหรือชะลอการเกิดอาการสะท้านหนาวได้ ซึ่งจากการศึกษาของ Sriyong *et al.* (2010) ในการยืดอายุการเก็บรักษาช่อพริกไทยสดด้วยการหุ้มถาดบรรจุด้วยฟิล์มชนิดต่าง ๆ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่า การหุ้มถาดบรรจุด้วยฟิล์มชนิดต่าง ๆ สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักและปริมาณคลอโรฟิลล์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในขณะที่ผลพริกไทยที่ไม่หุ้มฟิล์มมีการสูญเสียน้ำหนักเกิดอาการสีน้ำตาลที่ผิวผล และมีอายุการเก็บรักษาเพียง 9 วัน ซึ่งการเกิดสีน้ำตาลเป็นลักษณะหนึ่งที่ยังชี้ถึงอาการสะท้านหนาวที่เกิดขึ้นเมื่อเก็บรักษาผลผลิตที่อุณหภูมิต่ำ (Liu *et al.*, 2019) ทั้งนี้ พริกไทยจัดเป็นพืชเขตร้อน เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำจึงเกิดอาการสะท้านหนาวได้ง่าย (Morris, 1982) ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาอุณหภูมิต่ำที่เหมาะสมในการเก็บรักษาพริกไทยสดที่บรรจุในถาดหุ้มฟิล์มพลาสติก

### อุปกรณ์และวิธีการ

พริกไทยสดพันธุ์ซีลอนแดง ระยะ 3-4 เดือนหลังติดผล ถูกเก็บเกี่ยวจากสวนของเกษตรกรในจังหวัดจันทบุรี บรรจุในตะกร้าพลาสติกรองพื้นด้วยกระดาษและฝาปิดมีรูระบายอากาศ ขนส่งมายังห้องปฏิบัติการทันทีด้วยรถยนต์ควบคุมอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส คัดเลือกช่อผลพริกไทยสดที่มีขนาดใกล้เคียงกัน ปราศจากโรคและแมลง และมีสีเขียวเข้มสม่ำเสมอ จากนั้น นำมาล้างทำความสะอาดและผึ่งให้แห้ง บรรจุช่อผลพริกไทยสดลงบนถาดโฟมขนาด 10.6 x 19.1 x 1.3 เซนติเมตร (กว้าง x ยาว x สูง) โดยบรรจุพริกไทยสดจำนวน 5 ช่อผลต่อถาด แล้วหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก polyvinylchloride (PVC) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยปัจจัยที่ศึกษา คือ ระดับอุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษา มี 2 ระดับ คือ 5 และ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาระยะเวลา 18 วัน โดยให้แต่ละกรรมวิธีมี 3 จำนวนซ้ำ แต่ละ

ซ้ำมี 1 ถาด แต่ละถาดมีพริกไทยสด 5 ช่อ ประเมินคุณภาพทุก 2 วัน โดยประเมินคุณภาพของพริกไทยสดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำอย่างต่อเนื่องเปรียบเทียบกับพริกไทยสดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำและย้ายมาวางไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80-85 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2 วัน ประเมินการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสด สีผิวผล (ระบบ Hunter scales ด้วยเครื่อง HunterLab รุ่น MiniScan EZ) การเกิดสีน้ำตาลของผิว ช่อผล และอาการเหี่ยวของผล (โดยให้คะแนนแบบ Hedonic 5 scales ระดับคะแนน 1-5 โดย 1 = ไม่เกิดอาการผิดปกติ 2 = เกิดอาการ 25 เปอร์เซ็นต์ 3 = เกิดอาการ 25-50 เปอร์เซ็นต์ 4 = เกิดอาการ 50-75 เปอร์เซ็นต์ และ 5 = เกิดอาการ 100 เปอร์เซ็นต์) การยอมรับของผู้บริโภคด้านกลิ่น (โดยผู้ประเมิน 5 คน ระดับคะแนน 1-5 โดย 1 = ไม่มีกลิ่นหอม 2 = มีกลิ่นหอมเล็กน้อย 3 = มีกลิ่นหอมน้อย 4 = มีกลิ่นหอมปานกลาง และ 5 = มีกลิ่นหอมปกติ) การผลิตเอทีลิน การหายใจ (ด้วยเครื่อง Gas chromatograph รุ่น Shimadzu GC-2014) และอายุการเก็บรักษาของพริกไทยสด ซึ่งพิจารณาจากการเกิดสีน้ำตาลของผล ก้านช่อผล การเหี่ยวของผลพริกไทยสด โดยกำหนดให้วันที่พริกไทยสด มีการเกิดสีน้ำตาลของผลและก้านช่อผลหรือการเหี่ยวของผล มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ จากจำนวนช่อผลพริกไทยสดทั้งหมดในถาดโฟม และการยอมรับของผู้บริโภคด้านกลิ่น น้อยกว่า 3 คะแนน ถือว่าเป็นวันสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาพริกไทยสด วิเคราะห์ผลการศึกษาโดยการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least significant difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรแกรม Statistix v. 8.1

### ผลการทดลองและวิจารณ์

#### การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสดของพริกไทยสด

พริกไทยสดเก็บรักษาต่อเนื่องที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส มีน้ำหนักสดลดลงประมาณ

4-5 เปอร์เซ็นต์ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 18 วัน โดยพริกไทยสดเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส มีน้ำหนักสดใกล้เคียงกัน ทั้งนี้ อุณหภูมิต่ำสามารถลดอัตราการหายใจและการคายน้ำ (Caleb *et al.*, 2013) จึงส่งผลให้พริกไทยสดมีการสูญเสียน้ำหนักสดลดลง อย่างไรก็ตาม การนำพริกไทยสดที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลาต่าง ๆ มาไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน พบว่าพริกไทยสดมีน้ำหนักสดเฉลี่ยลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $P < 0.01$ ) เมื่อเปรียบเทียบกับพริกไทยสดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำโดยตลอด 4-18 วัน ซึ่งการนำพริกไทยสดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำมาวางในสภาพที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นและมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำลง ส่งผลให้พริกไทยสดมีการหายใจและการคายน้ำเพิ่มขึ้น เพื่อรักษาสมดุลของอุณหภูมิและความชื้นของอากาศรอบ ๆ ผล (Boonyakiat, 2013) ดังนั้น น้ำหนักสดของผลพริกไทยจึงลดลงมากกว่าผลพริกไทยสดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำโดยตลอด (Table 1) ทั้งนี้ การสูญเสียที่เกิดขึ้นส่งผลให้ผลพริกไทยสดเกิดการเปลี่ยนแปลงสี เกิดอาการสีน้ำตาลของผล ก้านช่อผล และการเหี่ยวของผลเพิ่มมากขึ้น

### การเปลี่ยนแปลงสีของผลพริกไทยสด

พิจารณาจากค่า  $L^*$   $a^*$  และ  $b^*$  ของผิวผลจากผลการศึกษา พบว่า พริกไทยสดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มค่า  $L^*$  และ  $b^*$  เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ในขณะที่ ค่า  $a^*$  มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยพริกไทยสดเก็บรักษาอย่างต่อเนื่องที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 14 วัน ผิวผลเริ่มมีสีเขียวคล้ำ เริ่มเกิดอาการสีน้ำตาล โดยพิจารณาจากค่า  $a^*$  ที่เพิ่มขึ้นและมากกว่า แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับพริกไทยสดเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ค่า  $a^*$  ที่เพิ่มขึ้นแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงสีผิวของผลพริกไทยสดจากสีเขียวเข้าใกล้ความมีสีแดง (สีน้ำตาล) มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ

Sriyong *et al.* (2010) ที่รายงานว่า การเกิดสีดำบนผิวผลพริกไทยมีความสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ลดลง การเก็บรักษาพริกไทยสดอย่างต่อเนื่องที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2-18 วัน ไม่ส่งผลต่อความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ การนำพริกไทยสดที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลา 12-16 วัน และนำมาไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส 2 วัน (รวม 14-18 วัน) พบว่า ผลพริกไทยสดที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงสีเกิดขึ้นมากกว่า โดยมีค่า  $L^*$  น้อยกว่า และค่า  $a^*$  มากกว่า ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในวันที่ 16 และ 14 ของการเก็บรักษา ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับพริกไทยสดที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส จากผลการศึกษาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการเก็บรักษาผลพริกไทยสดที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ผลพริกไทยเริ่มเปลี่ยนแปลงเป็นสีน้ำตาลเร็วและมากกว่าการเก็บรักษาผลพริกไทยสดที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส โดยจะเริ่มปรากฏอาการในวันที่ 12 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำและอาการปรากฏมากขึ้นในวันที่ 14 ภายหลังจากนำมาวางไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส 2 วัน (Tables 2-4)

**Table 1** Fresh weight (%) of green peppers continuously stored at 5°C and 10°C, and after transferred to 25°C

Storage temperature (°C)	Storage time (days)																				
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	
5	100 ± 0	99.3 ± 0.0	98.7 ± 0.1 <sup>a</sup>	98.0 ± 0.1 <sup>a</sup>	97.4 ± 0.2 <sup>a</sup>	97.5 ± 0.2 <sup>a</sup>	97.1 ± 0.1 <sup>a</sup>	97.1 ± 0.1 <sup>a</sup>	95.3 ± 0.3 <sup>a</sup>	97.3 ± 1.4 <sup>a</sup>	100 ± 0	99.3 ± 0.0	98.7 ± 0.1 <sup>a</sup>	98.0 ± 0.1 <sup>a</sup>	97.4 ± 0.2 <sup>a</sup>	97.5 ± 0.2 <sup>a</sup>	97.1 ± 0.1 <sup>a</sup>	97.1 ± 0.1 <sup>a</sup>	95.3 ± 0.3 <sup>a</sup>	97.3 ± 1.4 <sup>a</sup>	
10	100 ± 0	99.1 ± 0.2	99.0 ± 0.1 <sup>a</sup>	98.2 ± 0.1 <sup>a</sup>	97.4 ± 0.2 <sup>a</sup>	97.9 ± 0.1 <sup>a</sup>	96.9 ± 0.2 <sup>a</sup>	97.1 ± 0.3 <sup>a</sup>	95.0 ± 0.1 <sup>a</sup>	94.7 ± 2.2 <sup>a</sup>	100 ± 0	99.1 ± 0.2	99.0 ± 0.1 <sup>a</sup>	98.2 ± 0.1 <sup>a</sup>	97.4 ± 0.2 <sup>a</sup>	97.9 ± 0.1 <sup>a</sup>	96.9 ± 0.2 <sup>a</sup>	97.1 ± 0.3 <sup>a</sup>	95.0 ± 0.1 <sup>a</sup>	94.7 ± 2.2 <sup>a</sup>	
5 to 25	100 ± 0	99.3 ± 0.0	88.9 ± 1.4 <sup>b</sup>	90.6 ± 0.8 <sup>b</sup>	87.3 ± 0.7 <sup>b</sup>	85.6 ± 1.1 <sup>c</sup>	90.4 ± 0.8 <sup>b</sup>	87.7 ± 0.3 <sup>b</sup>	86.0 ± 1.9 <sup>b</sup>	84.7 ± 1.0 <sup>b</sup>	100 ± 0	99.3 ± 0.0	88.9 ± 1.4 <sup>b</sup>	90.6 ± 0.8 <sup>b</sup>	87.3 ± 0.7 <sup>b</sup>	85.6 ± 1.1 <sup>c</sup>	90.4 ± 0.8 <sup>b</sup>	87.7 ± 0.3 <sup>b</sup>	86.0 ± 1.9 <sup>b</sup>	84.7 ± 1.0 <sup>b</sup>	
10 to 25	100 ± 0	99.1 ± 0.2	87.0 ± 4.2 <sup>b</sup>	90.1 ± 0.5 <sup>b</sup>	87.5 ± 1.3 <sup>b</sup>	86.9 ± 0.1 <sup>b</sup>	89.7 ± 0.9 <sup>b</sup>	88.4 ± 1.2 <sup>b</sup>	86.3 ± 1.1 <sup>b</sup>	83.9 ± 2.3 <sup>b</sup>	100 ± 0	99.1 ± 0.2	87.0 ± 4.2 <sup>b</sup>	90.1 ± 0.5 <sup>b</sup>	87.5 ± 1.3 <sup>b</sup>	86.9 ± 0.1 <sup>b</sup>	89.7 ± 0.9 <sup>b</sup>	88.4 ± 1.2 <sup>b</sup>	86.3 ± 1.1 <sup>b</sup>	83.9 ± 2.3 <sup>b</sup>	
F-test	ns	ns	**	**	**	**	**	**	**	**	ns	ns	**	**	**	**	**	**	**	**	**
CV (%)	0	0.2	2.4	0.5	0.8	0.6	0.7	0.7	1.2	2.0	0	0.2	2.4	0.5	0.8	0.6	0.7	0.7	1.2	2.0	2.0

<sup>ns</sup> Non-significant difference, <sup>\*\*</sup> Significant difference among treatments according to the LSD (P < 0.01)

<sup>a,b,c</sup> Different letters in each column indicate significant difference at P < 0.01

**Table 2** Color change; L\* value of green peppers continuously stored at 5°C and 10°C, and after transferred to 25°C

Storage temperature (°C)	Storage time (days)																			
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
5	30.2 ± 0.6	31.7 ± 0.5	32.4 ± 0.9	32.9 ± 0.8	29.5 ± 1.1	32.9 ± 0.6	33.9 ± 0.2	33.7 ± 0.5	34.7 ± 1.0 <sup>a</sup>	32.4 ± 1.2 <sup>a</sup>	30.2 ± 0.6	31.7 ± 0.5	32.4 ± 0.9	32.9 ± 0.8	29.5 ± 1.1	32.9 ± 0.6	33.9 ± 0.2	33.7 ± 0.5	34.7 ± 1.0 <sup>a</sup>	32.4 ± 1.2 <sup>a</sup>
10	30.2 ± 0.6	30.7 ± 0.8	33.2 ± 0.8	32.9 ± 1.2	31.0 ± 2.0	33.8 ± 1.2	33.6 ± 0.6	34.5 ± 1.3	37.0 ± 0.5 <sup>a</sup>	33.6 ± 0.8 <sup>a</sup>	30.2 ± 0.6	30.7 ± 0.8	33.2 ± 0.8	32.9 ± 1.2	31.0 ± 2.0	33.8 ± 1.2	33.6 ± 0.6	34.5 ± 1.3	37.0 ± 0.5 <sup>a</sup>	33.6 ± 0.8 <sup>a</sup>
5 to 25	30.2 ± 0.6	31.7 ± 0.5	33.1 ± 0.4	33.5 ± 0.8	31.6 ± 2.5	33.6 ± 0.3	33.7 ± 1.2	30.9 ± 1.4	30.7 ± 3.1 <sup>b</sup>	28.4 ± 2.7 <sup>b</sup>	30.2 ± 0.6	31.7 ± 0.5	33.1 ± 0.4	33.5 ± 0.8	31.6 ± 2.5	33.6 ± 0.3	33.7 ± 1.2	30.9 ± 1.4	30.7 ± 3.1 <sup>b</sup>	28.4 ± 2.7 <sup>b</sup>
10 to 25	30.2 ± 0.6	30.7 ± 0.8	32.1 ± 0.4	33.3 ± 1.1	34.0 ± 2.0	32.8 ± 0.3	35.0 ± 0.9	34.4 ± 2.5	34.5 ± 1.2 <sup>a</sup>	26.6 ± 3.0 <sup>b</sup>	30.2 ± 0.6	30.7 ± 0.8	32.1 ± 0.4	33.3 ± 1.1	34.0 ± 2.0	32.8 ± 0.3	35.0 ± 0.9	34.4 ± 2.5	34.5 ± 1.2 <sup>a</sup>	26.6 ± 3.0 <sup>b</sup>
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	**	ns	*	**							
CV (%)	0	2.1	2.1	3.0	6.3	2.2	2.3	4.7	5.2	7.0	0	2.1	2.1	3.0	6.3	2.2	2.3	4.7	5.2	7.0

<sup>ns</sup> Non-significant difference, <sup>\*\*</sup> Significant difference among treatments according to the LSD (P < 0.05 and P < 0.01, respectively)

<sup>a,b</sup> Different letters in each column indicate significant difference at P < 0.05 and P < 0.01, respectively

**Table 3** Color change; a\* and b\* value of green peppers continuously stored at 5 °C and 10 °C, and after transferred to 25 °C

Storage temperature (°C)	Storage time (days)																													
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	a*									b*										
5	-7.3 ± 0.7	-7.2 ± 0.4	-6.8 ± 0.4	-7.0 ± 0.3	-6.7 ± 0.5	-7.0 ± 0.2	-6.9 ± 0.2	-6.9 ± 0.5 <sup>b</sup>	-6.6 ± 0.5 <sup>b</sup>	-6.2 ± 0.4 <sup>b</sup>	-7.3 ± 0.7	-6.8 ± 0.7	-7.1 ± 0.2	-7.1 ± 0.8	-6.5 ± 0.3	-5.8 ± 0.8	-6.5 ± 0.2	-5.6 ± 0.8 <sup>b</sup>	-5.3 ± 1.0 <sup>ab</sup>	-4.7 ± 0.7 <sup>b</sup>	-7.3 ± 0.7	-7.2 ± 0.4	-7.1 ± 0.2	-6.1 ± 0.5	-5.9 ± 0.3	-5.0 ± 0.6	-5.7 ± 0.7	-3.6 ± 1.1 <sup>a</sup>	-2.8 ± 2.0 <sup>a</sup>	-2.4 ± 1.5 <sup>a</sup>
10	-7.3 ± 0.7	-6.8 ± 0.7	-7.1 ± 0.2	-7.1 ± 0.8	-6.5 ± 0.3	-5.8 ± 0.8	-6.5 ± 0.2	-5.6 ± 0.8 <sup>b</sup>	-5.3 ± 1.0 <sup>ab</sup>	-4.7 ± 0.7 <sup>b</sup>	-7.3 ± 0.7	-6.8 ± 0.7	-6.4 ± 0.3	-6.8 ± 0.3	-6.2 ± 0.7	-6.0 ± 0.9	-6.4 ± 0.5	-5.6 ± 1.4 <sup>b</sup>	-4.8 ± 1.4 <sup>ab</sup>	-0.8 ± 1.2 <sup>a</sup>	-7.3 ± 0.7	-6.8 ± 0.7	-6.4 ± 0.3	-6.8 ± 0.3	-6.2 ± 0.7	-6.0 ± 0.9	-6.4 ± 0.5	-5.6 ± 1.4 <sup>b</sup>	-4.8 ± 1.4 <sup>ab</sup>	-0.8 ± 1.2 <sup>a</sup>
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	**	ns	*	*	**	ns	*	*	**												
CV (%)	0	8.6	4.1	7.3	7.5	12.0	7.4	18.1	27.2	28.8	0	8.6	4.1	7.3	7.5	12.0	7.4	18.1	27.2	28.8	0	8.6	4.1	7.3	7.5	12.0	7.4	18.1	27.2	28.8
5	21.5 ± 1.3	20.9 ± 1.9	21.0 ± 0.9	22.3 ± 1.5	22.6 ± 0.6	21.5 ± 0.9	22.2 ± 0.3 <sup>b</sup>	22.4 ± 0.6	21.4 ± 1.2	20.6 ± 1.1 <sup>a</sup>	21.5 ± 1.3	21.2 ± 0.4	22.8 ± 1.2	22.7 ± 1.6	23.6 ± 0.9	22.6 ± 1.0	23.0 ± 0.1 <sup>b</sup>	22.5 ± 2.2	23.7 ± 1.0	20.8 ± 0.9 <sup>a</sup>	21.5 ± 1.3	20.9 ± 1.9	21.0 ± 0.9	22.3 ± 1.5	22.6 ± 0.6	21.5 ± 0.9	22.2 ± 0.3 <sup>b</sup>	22.4 ± 0.6	21.4 ± 1.2	20.6 ± 1.1 <sup>a</sup>
10	21.5 ± 1.3	21.2 ± 0.4	22.8 ± 1.2	22.7 ± 1.6	23.6 ± 0.9	22.6 ± 1.0	23.0 ± 0.1 <sup>b</sup>	22.5 ± 2.2	23.7 ± 1.0	20.8 ± 0.9 <sup>a</sup>	21.5 ± 1.3	21.2 ± 0.4	22.8 ± 1.2	22.7 ± 1.6	23.6 ± 0.9	22.6 ± 1.0	23.0 ± 0.1 <sup>b</sup>	22.5 ± 2.2	23.7 ± 1.0	20.8 ± 0.9 <sup>a</sup>	21.5 ± 1.3	21.2 ± 0.4	22.8 ± 1.2	22.7 ± 1.6	23.6 ± 0.9	22.6 ± 1.0	23.0 ± 0.1 <sup>b</sup>	22.5 ± 2.2	23.7 ± 1.0	20.8 ± 0.9 <sup>a</sup>
5 to 25	21.5 ± 1.3	20.9 ± 1.9	22.0 ± 0.5	23.0 ± 0.6	22.6 ± 0.2	22.2 ± 0.7	22.5 ± 1.2 <sup>b</sup>	19.2 ± 2.8	16.9 ± 4.1	14.9 ± 3.8 <sup>b</sup>	21.5 ± 1.3	21.2 ± 0.4	21.9 ± 0.9	22.6 ± 0.6	23.5 ± 1.8	23.4 ± 0.7	24.7 ± 1.0 <sup>b</sup>	24.2 ± 2.6	22.6 ± 2.6	12.9 ± 2.8 <sup>b</sup>	21.5 ± 1.3	20.9 ± 1.9	22.0 ± 0.5	23.0 ± 0.6	22.6 ± 0.2	22.2 ± 0.7	22.5 ± 1.2 <sup>b</sup>	19.2 ± 2.8	16.9 ± 4.1	14.9 ± 3.8 <sup>b</sup>
10 to 25	21.5 ± 1.3	21.2 ± 0.4	21.9 ± 0.9	22.6 ± 0.6	23.5 ± 1.8	23.4 ± 0.7	24.7 ± 1.0 <sup>b</sup>	24.2 ± 2.6	22.6 ± 2.6	12.9 ± 2.8 <sup>b</sup>	21.5 ± 1.3	21.2 ± 0.4	21.9 ± 0.9	22.6 ± 0.6	23.5 ± 1.8	23.4 ± 0.7	24.7 ± 1.0 <sup>b</sup>	24.2 ± 2.6	22.6 ± 2.6	12.9 ± 2.8 <sup>b</sup>	21.5 ± 1.3	21.2 ± 0.4	21.9 ± 0.9	22.6 ± 0.6	23.5 ± 1.8	23.4 ± 0.7	24.7 ± 1.0 <sup>b</sup>	24.2 ± 2.6	22.6 ± 2.6	12.9 ± 2.8 <sup>b</sup>
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	**
CV (%)	0	6.6	4.1	5.2	4.6	3.7	3.4	10.1	12.1	14.2	0	6.6	4.1	5.2	4.6	3.7	3.4	10.1	12.1	14.2	0	6.6	4.1	5.2	4.6	3.7	3.4	10.1	12.1	14.2

ns Non-significant difference, \*\*\* Significant difference among treatments according to the LSD (P < 0.05 and P < 0.01, respectively)

<sup>a,b</sup> Different letters in each column indicate significant difference at P < 0.05 and P < 0.01, respectively

## การเกิดสีน้ำตาลของผล ก้านข่อผล และอาการผลเหี่ยวของพริกไทยสด

การประเมินอาการผิวดินที่ปรากฏ โดยพิจารณาจากระดับความรุนแรงของอาการที่เกิดขึ้น และให้เป็นคะแนน 1–5 พบว่า พริกไทยสดที่เก็บรักษา ต่อเนื่องที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เกิดอาการสีน้ำตาลของผลและก้านข่อผลน้อยกว่า ในขณะที่เกิดอาการผลเหี่ยวมากกว่าอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ตลอดระยะเวลา 18 และ 16 วันของการเก็บรักษา ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับผลพริกไทยสดเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตาม การนำพริกไทยสดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำมาวางไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่า อาการสีน้ำตาลของผลและก้านข่อผล รวมทั้งอาการผลเหี่ยวของพริกไทยสดเริ่มปรากฏชัดเจนในวันที่ 10 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ ต่ำ (วันที่ 12 ของการทดลอง) โดยอาการต่าง ๆ ปรากฏ ในผลพริกไทยสดเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มากกว่าอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับผลพริกไทยสดเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส การเก็บรักษาพริกไทยสดที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 14 ถึง 16 วัน ส่งผลให้ผลพริกไทยสด ปรากฏอาการเหี่ยวของผลภายหลังจากนำออกมาไว้ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ยิ่งทางสถิติ ( $P < 0.01$ ) ในวันที่ 16 และ 18 ของการ เก็บรักษา (Tables 4–5 และ Figure 1) ทั้งนี้ ผิวผล และก้านข่อผลเป็นบริเวณที่สัมผัสกับอุณหภูมิต่ำที่ใช้ เก็บรักษาโดยตรง จึงแสดงอาการตอบสนองต่อ อุณหภูมิต่ำ (Wills *et al.*, 2007) โดยเกิดอาการสี น้ำตาลของผลและก้านข่อผลค่อนข้างชัดเจนกว่า อาการผิวดินอื่น ๆ โดยอาการสีน้ำตาลของผลและ ก้านข่อผล รวมทั้งอาการผลเหี่ยวปรากฏชัดเจนมากขึ้น ภายหลังจากนำมาไว้ที่อุณหภูมิสูง เนื่องจากอุณหภูมิที่ สูงขึ้นส่งผลให้พืชมีการหายใจ การคายน้ำ รวมทั้งมี กิจกรรมเมอนไทม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาลเพิ่ม มากขึ้น (Wang, 1994; Moon *et al.*, 2020) นอกจากนี้ Morris (1982) รายงานว่า อาการเหี่ยวของ

ผลที่เกิดขึ้น เนื่องมาจากเยื่อหุ้มเซลล์ได้รับความเสียหายจากอุณหภูมิต่ำ (Lim *et al.*, 2007; Wongsheree *et al.*, 2009) ส่งผลให้เกิดการคายน้ำ สูญเสียความ เต่ง (Turgidity) ของเซลล์ และเกิดการยุบตัวของ เนื้อเยื่อ ซึ่งอาการจะรุนแรงมากขึ้นภายใต้บรรยากาศ ที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 85–92 เปอร์เซ็นต์ เนื่อง ด้วยผลผลิตมีการคายน้ำหรือสูญเสียน้ำมากขึ้น (Lyons, 1973; Couey, 1982) ทั้งนี้ จากผลการศึกษา อาการสีน้ำตาลของผลและก้านข่อผลเป็นลักษณะ ปรากฏที่แสดงถึงคุณภาพและส่งผลต่อการยอมรับ ของผู้บริโภคในการเลือกซื้อพริกไทยสด ดังนั้น เพื่อให้ ผลพริกไทยสดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศา เซลเซียส มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับจึงควรควบคุม อุณหภูมิการจำหน่ายไว้ที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส เช่นเดียวกับอุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษา ในทางตรงข้าม ถ้าวางจำหน่ายผลพริกไทยสดที่ อุณหภูมิสูง ควรเก็บรักษาพริกไทยสดที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส ระยะเวลาไม่ควรเกิน 10 วัน

**Table 4** Fruit browning and peduncle browning of green peppers continuously stored at 5°C and 10°C, and after transferred to 25°C

Storage temperature (°C)	Storage time (days)									
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
<b>Fruit browning (scores)</b>										
5	1.0 ± 0	1.1 ± 0.1	1.1 ± 0.1 <sup>b</sup>	1.7 ± 0.3	1.8 ± 0.0	1.9 ± 0.1	1.5 ± 0.3 <sup>b</sup>	1.7 ± 0.1 <sup>b</sup>	1.8 ± 0.2 <sup>c</sup>	2.3 ± 0.4 <sup>c</sup>
10	1.0 ± 0	1.1 ± 0.1	1.3 ± 0.1 <sup>b</sup>	1.7 ± 0.1	2.0 ± 0.0	1.9 ± 0.1	1.8 ± 0.2 <sup>ab</sup>	2.3 ± 0.5 <sup>ab</sup>	2.5 ± 0.2 <sup>bc</sup>	2.9 ± 0.1 <sup>bc</sup>
5 to 25	1.0 ± 0	1.1 ± 0.1	1.5 ± 0.3 <sup>ab</sup>	1.9 ± 0.2	1.9 ± 0.1	2.2 ± 0.2	2.4 ± 0.5 <sup>a</sup>	3.1 ± 0.6 <sup>a</sup>	3.5 ± 0.6 <sup>a</sup>	4.4 ± 0.7 <sup>a</sup>
10 to 25	1.0 ± 0	1.1 ± 0.1	2.1 ± 0.6 <sup>a</sup>	1.7 ± 0.1	1.8 ± 0.5	2.0 ± 0.0	2.4 ± 0.2 <sup>a</sup>	2.5 ± 0.5 <sup>ab</sup>	2.8 ± 0.4 <sup>ab</sup>	3.6 ± 0.3 <sup>ab</sup>
F-test	ns	ns	*	ns	ns	ns	*	*	**	**
CV (%)	0	10.8	22.2	11.9	14.5	6.4	16.6	18.8	15.0	13.7
<b>Peduncle browning (scores)</b>										
5	1.0 ± 0	1.7 ± 0.3	2.5 ± 0.4 <sup>b</sup>	2.4 ± 0.2 <sup>b</sup>	2.0 ± 0.2 <sup>c</sup>	2.7 ± 0.3 <sup>b</sup>	2.5 ± 0.2 <sup>c</sup>	2.8 ± 0.5 <sup>c</sup>	2.9 ± 0.1 <sup>c</sup>	3.4 ± 0.6 <sup>b</sup>
10	1.0 ± 0	1.5 ± 0.3	2.5 ± 0.3 <sup>b</sup>	2.6 ± 0.3 <sup>b</sup>	2.8 ± 0.3 <sup>b</sup>	2.7 ± 0.1 <sup>b</sup>	3.2 ± 0.4 <sup>b</sup>	3.7 ± 0.2 <sup>b</sup>	4.2 ± 0.2 <sup>b</sup>	4.5 ± 0.1 <sup>a</sup>
5 to 25	1.0 ± 0	1.7 ± 0.3	3.8 ± 0.6 <sup>a</sup>	3.5 ± 0.1 <sup>a</sup>	3.4 ± 0.2 <sup>a</sup>	4.5 ± 0.1 <sup>a</sup>	3.9 ± 0.2 <sup>a</sup>	4.5 ± 0.4 <sup>ab</sup>	4.7 ± 0.3 <sup>a</sup>	4.6 ± 0.2 <sup>a</sup>
10 to 25	1.0 ± 0	1.5 ± 0.3	4.3 ± 0.1 <sup>a</sup>	3.5 ± 0.6 <sup>a</sup>	3.6 ± 0.3 <sup>a</sup>	4.5 ± 0.4 <sup>a</sup>	4.5 ± 0.4 <sup>a</sup>	4.6 ± 0.4 <sup>a</sup>	4.9 ± 0.1 <sup>a</sup>	5.0 ± 0.0 <sup>a</sup>
F-test	ns	ns	**	*	**	**	**	**	**	**
CV (%)	0	18.7	12.2	12.3	9.6	7.5	9.4	10.5	4.8	7.3

<sup>ns</sup> Non-significant difference, <sup>\*\*\*</sup> Significant difference among treatments according to the LSD (P < 0.05 and P < 0.01, respectively)

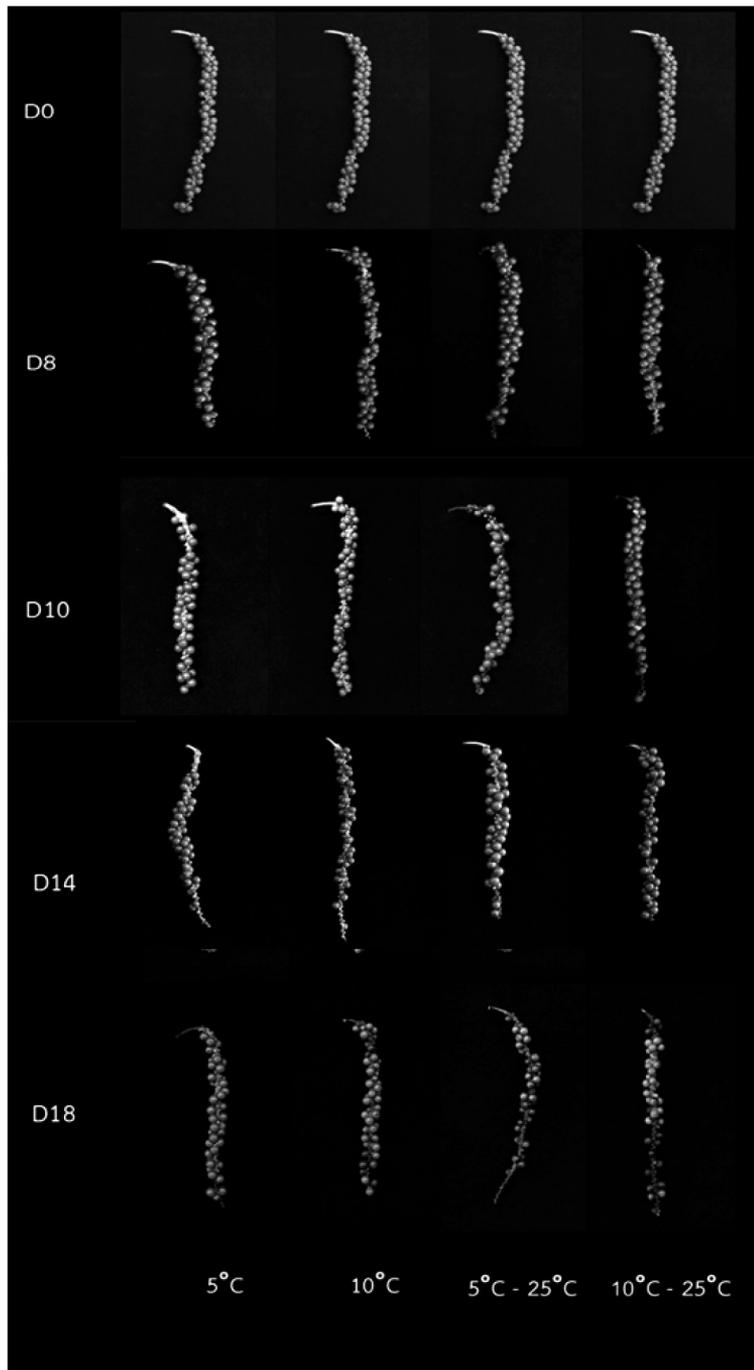
<sup>a,b,c</sup> Different letters in each column indicate significant difference at P < 0.05 and P < 0.01, respectively

**Table 5** Shriveled fruits of green peppers continuously stored at 5 °C and 10 °C, and after transferred to 25°C

Storage temperature (°C)	Storage time (days)																			
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
5	1.0 ± 0	1.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0 <sup>b</sup>	1.3 ± 0.3 <sup>b</sup>	1.1 ± 0.1 <sup>b</sup>	1.2 ± 0.2	1.4 ± 0.2 <sup>bc</sup>	1.4 ± 0.2 <sup>bc</sup>	1.3 ± 0.1 <sup>c</sup>	1.9 ± 0.1 <sup>c</sup>	1.0 ± 0	1.0 ± 0.1	1.0 ± 0.0 <sup>b</sup>	1.3 ± 0.1 <sup>b</sup>	1.1 ± 0.2 <sup>b</sup>	1.1 ± 0.2	1.2 ± 0.0 <sup>c</sup>	1.2 ± 0.0 <sup>c</sup>	1.3 ± 0.1 <sup>c</sup>	1.5 ± 0.1 <sup>d</sup>
10	1.0 ± 0	1.0 ± 0.1	1.0 ± 0.0 <sup>b</sup>	1.3 ± 0.1 <sup>b</sup>	1.1 ± 0.2 <sup>b</sup>	1.1 ± 0.2	1.2 ± 0.0 <sup>c</sup>	1.2 ± 0.0 <sup>c</sup>	1.3 ± 0.1 <sup>c</sup>	1.5 ± 0.1 <sup>d</sup>	1.0 ± 0	1.0 ± 0.1	1.0 ± 0.0 <sup>b</sup>	1.3 ± 0.1 <sup>b</sup>	1.1 ± 0.2 <sup>b</sup>	1.1 ± 0.2	1.2 ± 0.0 <sup>c</sup>	1.2 ± 0.0 <sup>c</sup>	1.3 ± 0.1 <sup>c</sup>	1.5 ± 0.1 <sup>d</sup>
5 to 25	1.0 ± 0	1.0 ± 0.0	2.1 ± 0.5 <sup>a</sup>	1.7 ± 0.3 <sup>b</sup>	2.2 ± 0.2 <sup>a</sup>	1.8 ± 0.2	1.7 ± 0.2 <sup>ab</sup>	2.4 ± 0.5 <sup>a</sup>	2.6 ± 0.5 <sup>a</sup>	2.8 ± 0.2 <sup>a</sup>	1.0 ± 0	1.0 ± 0.1	2.1 ± 0.3 <sup>a</sup>	3.5 ± 0.6 <sup>a</sup>	2.3 ± 0.1 <sup>a</sup>	1.7 ± 0.6	1.7 ± 0.1 <sup>a</sup>	2.0 ± 0.3 <sup>ab</sup>	2.1 ± 0.1 <sup>b</sup>	2.5 ± 0.1 <sup>b</sup>
10 to 25	1.0 ± 0	1.0 ± 0.1	2.1 ± 0.3 <sup>a</sup>	3.5 ± 0.6 <sup>a</sup>	2.3 ± 0.1 <sup>a</sup>	1.7 ± 0.6	1.7 ± 0.1 <sup>a</sup>	2.0 ± 0.3 <sup>ab</sup>	2.1 ± 0.1 <sup>b</sup>	2.5 ± 0.1 <sup>b</sup>	1.0 ± 0	1.0 ± 0.1	2.1 ± 0.3 <sup>a</sup>	3.5 ± 0.6 <sup>a</sup>	2.3 ± 0.1 <sup>a</sup>	1.7 ± 0.6	1.7 ± 0.1 <sup>a</sup>	2.0 ± 0.3 <sup>ab</sup>	2.1 ± 0.1 <sup>b</sup>	2.5 ± 0.1 <sup>b</sup>
F-test	ns	ns	**	**	**	ns	*	**	**	**	ns	ns	**	**	**	ns	*	**	**	**
CV (%)	0	7.9	19.0	19.4	10.4	25.5	10.9	18.9	15.6	6.4	0	7.9	19.0	19.4	10.4	25.5	10.9	18.9	15.6	6.4

ns Non-significant difference, \*\* Significant difference among treatments according to the LSD (P < 0.05 and P < 0.01, respectively)

a,b,c,d Different letters in each column indicate significant difference at P < 0.05 and P < 0.01, respectively



**Figure 1** Fruit and peduncle browning of green peppers continuously stored at 5 and 10°C, and after transferred to 25°C for two days, at day 0, 5, 10, 14 and 18 of storage

### การผลิตเอทิลีนและการหายใจ

พริกไทยสดเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำมีการผลิตเอทิลีนและการหายใจในระดับต่ำ โดยพริกไทยสดเก็บรักษาต่อเนื่องที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 10–18 วัน มีการผลิตเอทิลีนและการหายใจเฉลี่ย  $0.81 \pm 0.28$  นาโนลิตรต่อกรัมน้ำหนักสด และ  $3.21 \pm 1.1$  มิลลิกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าการผลิตเอทิลีน (เฉลี่ย  $0.28 \pm 0.1$  นาโนลิตรต่อกรัมน้ำหนักสด) และการหายใจ (เฉลี่ย  $1.92 \pm 0.5$  มิลลิกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อกรัมน้ำหนักสด) ของพริกไทยสดเก็บรักษาต่อเนื่องที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส โดยมีการผลิตเอทิลีนมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $P < 0.01$ ) ในวันที่ 16 และมีการหายใจมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $P < 0.01$ ) ในวันที่ 8 12 และ 18 ของการเก็บรักษา ทั้งนี้การนำพริกไทยสดจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ส่งผลให้พริกไทยสดมีการผลิตเอทิลีนและการหายใจเพิ่มขึ้น โดยพบการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติของการผลิตเอทิลีน (เฉลี่ย  $7.4 \pm 1.3$  นาโนลิตรต่อกรัมน้ำหนักสด) และการหายใจ (เฉลี่ย  $6.2 \pm 0.0$  มิลลิกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อกรัมน้ำหนักสด) ระหว่างวันที่ 4–18 ของการเก็บรักษา พริกไทยสดเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เมื่อนำมาไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีการผลิตเอทิลีนมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $P < 0.01$ ) ในวันที่ 8 และ 14–18 เมื่อเปรียบเทียบกับพริกไทยสดที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส และนำมาไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยมีปริมาณเอทิลีนเฉลี่ย  $10.4 \pm 1.2$   $16.7 \pm 1.4$   $2.9 \pm 0.3$  และ  $11.6 \pm 1.7$  นาโนลิตรต่อกรัมน้ำหนักสดตามลำดับ (Table 6) ทั้งนี้ อุณหภูมิมีผลโดยตรงต่อการผลิตเอทิลีนและการหายใจของผลิตผล โดยอุณหภูมิสูงส่งผลให้พืชมีการผลิตเอทิลีนและการหายใจมากขึ้น (Watkins *et al.*, 1990; Siripanich, 2010) ซึ่งการผลิตเอทิลีนและการหายใจของพริกไทยสดที่เพิ่มขึ้นสอดคล้องกับการสูญเสียน้ำหนักสด (Table 1)

### ความยอมรับของผู้บริโภคด้านกลิ่น

จากการประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคด้านกลิ่นของพริกไทยสด โดยพิจารณาจากคะแนนการประเมินของผู้บริโภค พบว่า พริกไทยสดเก็บรักษาต่อเนื่องที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส มีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคด้านกลิ่นไม่แตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 18 วัน โดยมีคะแนนการยอมรับเฉลี่ย  $2.79 \pm 0.08$  คะแนน ทั้งนี้ การนำพริกไทยสดจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ส่งผลให้พริกไทยสดมีกลิ่นหอมเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (เฉลี่ย  $3.04 \pm 0.16$  คะแนน) เพิ่มมากขึ้น (Table 7) ซึ่งการเก็บรักษาผลผลิตสดในอุณหภูมิต่ำอาจทำให้องค์ประกอบทางเคมีภายในเซลล์เกิดการเปลี่ยนแปลง จึงส่งผลให้มักมีกลิ่นที่ผิดไปจากเดิม (Boonyakiat, 2013) หรือมีการสร้างกลิ่นน้อยลง (Brackmann *et al.*, 1993) และจากการศึกษาของ Sriyong *et al.* (2010) พบว่าการเก็บรักษาพริกไทยสดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ร่วมกับบรรจุภัณฑ์แบบตัดแปลงบรรยากาศ ส่งผลต่อปริมาณสารที่ให้ความเผ็ดร้อนที่มีลักษณะเฉพาะของพริกไทย โดยสามารถรักษาระดับสาร caryophyllene และ copaene ในขณะที่ การเก็บรักษาพริกไทยในสภาพบรรยากาศปกติส่งผลให้มีปริมาณสาร piperazine และ 2-methoxy-4-vinylphenol เพิ่มขึ้น

**Table 6** Ethylene production and respiration of green peppers continuously stored at 5°C and 10°C, and after transferred to 25°C

Storage temperature (°C)	Storage time (days)									
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
<b>Ethylene production (nL * g<sup>-1</sup>)</b>										
5	8.7 ± 4.3	0.5 ± 0.1	7.3 ± 0.9 <sup>b</sup>	2.2 ± 0.2 <sup>b</sup>	1.0 ± 0.0 <sup>c</sup>	0.4 ± 0.0 <sup>c</sup>	0.1 ± 0.0 <sup>b</sup>	0.4 ± 0.0 <sup>c</sup>	0.3 ± 0.0 <sup>d</sup>	0.2 ± 0.0 <sup>c</sup>
10	8.7 ± 4.3	0.6 ± 0.0	12.1 ± 0.3 <sup>ab</sup>	2.1 ± 0.2 <sup>b</sup>	0.8 ± 0.1 <sup>c</sup>	0.8 ± 0.0 <sup>c</sup>	0.5 ± 0.4 <sup>b</sup>	0.9 ± 0.1 <sup>c</sup>	1.2 ± 0.2 <sup>c</sup>	0.7 ± 0.1 <sup>c</sup>
5 to 25	8.7 ± 4.3	0.5 ± 0.1	11.1 ± 0.6 <sup>ab</sup>	3.3 ± 0.4 <sup>a</sup>	4.8 ± 0.6 <sup>b</sup>	15.8 ± 2.9 <sup>a</sup>	2.5 ± 0.3 <sup>a</sup>	9.1 ± 0.2 <sup>b</sup>	2.1 ± 0.2 <sup>b</sup>	3.0 ± 1.0 <sup>b</sup>
10 to 25	8.7 ± 4.3	0.6 ± 0.0	14.9 ± 5.2 <sup>a</sup>	3.4 ± 0.6 <sup>a</sup>	10.4 ± 1.2 <sup>a</sup>	3.7 ± 0.3 <sup>b</sup>	2.9 ± 0.8 <sup>a</sup>	16.7 ± 1.4 <sup>a</sup>	2.9 ± 0.3 <sup>a</sup>	11.6 ± 1.7 <sup>a</sup>
F-test	ns	ns	*	**	**	**	**	**	**	**
CV (%)	0	17.3	23.6	13.6	15.9	27.9	29.7	10.5	12.4	25.4
<b>Respiration (mg CO<sub>2</sub> * g<sup>-1</sup>)</b>										
5	3.7 ± 1.2	3.5 ± 1.1	2.5 ± 1.0 <sup>b</sup>	2.2 ± 0.1 <sup>b</sup>	4.3 ± 0.3 <sup>c</sup>	2.5 ± 0.0 <sup>c</sup>	2.0 ± 0.2 <sup>c</sup>	2.1 ± 0.2 <sup>b</sup>	1.7 ± 0.0 <sup>b</sup>	1.2 ± 0.0 <sup>d</sup>
10	3.7 ± 1.2	3.4 ± 1.2	2.5 ± 0.8 <sup>b</sup>	2.2 ± 0.1 <sup>b</sup>	6.2 ± 0.3 <sup>b</sup>	2.9 ± 0.1 <sup>c</sup>	4.6 ± 1.3 <sup>b</sup>	2.6 ± 0.3 <sup>b</sup>	3.6 ± 1.4 <sup>b</sup>	2.3 ± 0.4 <sup>c</sup>
5 to 25	3.7 ± 1.2	3.5 ± 1.1	4.1 ± 1.2 <sup>ab</sup>	4.1 ± 1.2 <sup>a</sup>	7.7 ± 1.0 <sup>a</sup>	5.3 ± 0.4 <sup>b</sup>	7.2 ± 0.9 <sup>a</sup>	6.1 ± 0.4 <sup>a</sup>	7.0 ± 1.9 <sup>a</sup>	7.9 ± 0.7 <sup>a</sup>
10 to 25	3.7 ± 1.2	3.4 ± 1.2	4.5 ± 0.9 <sup>a</sup>	5.0 ± 0.9 <sup>a</sup>	6.8 ± 0.7 <sup>ab</sup>	6.8 ± 1.5 <sup>a</sup>	7.4 ± 2.1 <sup>a</sup>	7.3 ± 1.1 <sup>a</sup>	6.5 ± 1.5 <sup>a</sup>	5.7 ± 0.3 <sup>b</sup>
F-test	ns	ns	*	**	**	**	**	**	**	**
CV (%)	0	33.4	27.8	22.1	10.1	17.5	24.8	13.5	29.1	9.7

ns Non-significant difference, \*\*\* Significant difference among treatments according to the LSD (P < 0.05 and P < 0.01, respectively)  
<sub>a,b,c,d</sub> Different letters in each column indicate significant difference at P < 0.05 and P < 0.01, respectively

**Table 7** Aroma acceptance (scores) of green peppers continuously stored at 5°C and 10°C, and after transferred to 25°C

Storage temperature (°C)	Storage time (days)																				
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	
5	4.6 ± 0.5	3.2 ± 1.1	2.4 ± 1.1	3.6 ± 0.5	2.6 ± 1.3	2.6 ± 0.5 <sup>b</sup>	2.4 ± 0.5	2.4 ± 0.9	2.8 ± 1.1	3.6 ± 0.5	4.6 ± 0.5	3.2 ± 1.1	2.8 ± 1.3	4.0 ± 0.7	3.0 ± 1.2	4.4 ± 0.5 <sup>a</sup>	3.6 ± 1.5	2.2 ± 0.4	3.0 ± 1.0	2.2 ± 1.1	
10	4.6 ± 0.5	2.2 ± 0.4	3.0 ± 0.7	3.4 ± 1.5	2.8 ± 1.1	2.6 ± 0.9 <sup>b</sup>	2.8 ± 1.3	3.2 ± 1.1	2.4 ± 0.9	2.2 ± 0.8	4.6 ± 0.5	2.2 ± 0.4	3.0 ± 0.7	3.8 ± 1.1	3.4 ± 1.1	2.2 ± 1.3 <sup>b</sup>	2.8 ± 1.3	3.2 ± 0.8	3.8 ± 0.8	2.8 ± 0.8	
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns								
CV (%)	0	31.0	37.0	28.0	40.8	29.8	42.2	31.0	32.1	31.5	0	31.0	37.0	28.0	40.8	29.8	42.2	31.0	32.1	31.0	31.5

<sup>ns</sup> Non-significant difference, <sup>\*\*</sup> Significant difference among treatments according to the LSD (P < 0.01)

<sup>a,b</sup> Different letters in each column indicate significant difference at P < 0.01

### อายุการเก็บรักษา

พริกไทยสดบรรจุในภาตหุ้มฟิล์มพลาสติกสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียสได้นาน 10 วัน โดยเมื่อนำออกมาไว้ที่อุณหภูมิสูงขึ้นยังคงมีคุณภาพ คือ มีการเกิดสีน้ำตาลของผล ก้านช่อผลและการเหี่ยวของผลน้อย รวมทั้งมีการยอมรับของผู้บริโภคด้านกลิ่น การเก็บรักษาพริกไทยสดที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส นานกว่า 10 วัน ส่งผลให้พบความเสียหายอันเนื่องมาจากอุณหภูมิต่ำมากขึ้น เนื่องด้วยการเก็บรักษาผลิตผลที่อุณหภูมิต่ำสามารถชะลอกระบวนการหายใจ การสูญเสียน้ำ การสร้างเอทิลีน และการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบเคมีภายในพืชซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญในการเสื่อมสภาพของผลผลิต

การนำผลิตผลที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำมาไว้หรือวางจำหน่ายที่อุณหภูมิสูงขึ้น ส่งผลให้ผลิตผลมีคุณภาพและอายุการวางจำหน่ายสั้นลง (Ketsa, 1995; Shi *et al.*, 2018) ทั้งนี้ การเก็บรักษาผลพริกไทยสดอย่างต่อเนื่องที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ส่งผลให้พริกไทยสดมีน้ำหนักสดและการยอมรับของผู้บริโภคด้านกลิ่น รวมทั้งแสดงอาการสีน้ำตาลของผล ก้านช่อผล การผลิตเอทิลีน และการหายใจน้อยกว่าพริกไทยสดที่เก็บรักษาอย่างต่อเนื่องที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส โดยพริกไทยสดเก็บรักษาอย่างต่อเนื่องที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 18 และ 16 วัน ตามลำดับ (Table 8)

**Table 8** Storage life of green peppers continuously stored at 5°C and 10°C, and after transferred to 25°C

Storage temperature (°C)	Storage life (days)
5	18.0 ± 2.6 <sup>a</sup>
10	16.0 ± 2.2 <sup>ab</sup>
5 to 25	12.7 ± 1.2 <sup>bc</sup>
10 to 25	11.0 ± 2.9 <sup>c</sup>
F-test	*
CV (%)	15.25

\* Significant difference among treatments according to the LSD (P < 0.05)

<sup>a,b,c</sup> Different letters in each column indicate significant difference at P < 0.05

### สรุป

พริกไทยสดบรรจุในภาตหุ้มฟิล์มพลาสติกสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียสได้นาน 10 วัน โดยเมื่อนำออกมาไว้ที่อุณหภูมิสูงขึ้นยัง

คงมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค การเก็บรักษาพริกไทยสดอย่างต่อเนื่องที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ผลพริกไทยสดมีคุณภาพและการยอมรับของผู้บริโภคตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 18 และ 16 วัน ตามลำดับ

## เอกสารอ้างอิง

- Boonyakiat, D. 2013. Postharvest Management of Horticulture. Odean Store Publishing, Bangkok, Thailand. 360 pp. (in Thai)
- Brackmann, A., J. Streif and F. Bangerth. 1993. Relationship between a reduced aroma production and lipid metabolism of apples after long-term controlled atmosphere storage. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 118: 243–247.
- Caleb, O.J., P.V. Mahajan, F.A. Al-Said and U.L. Opara. 2013. Modified atmosphere packaging technology of fresh and fresh-cut produce and the microbial consequences. *Food Bioprocess Tech.* 6: 303–329.
- Couey, H.M. 1982. Chilling injury of crops of tropical and subtropical origin. *HortScience.* 17: 162–165.
- Ketsa, S. 1995. Storage of tropical fruits in Thailand, pp. 75–79. *In Proc. the Fruit Production in the Tropics and Subtropics.* Japan International Research Center for Agricultural Science (JIRCAS), Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Tsukuba Ibaraki, Japan.
- Lim, C.S., S.M. Kang, J.L. Cho, K.C. Gross and A.B. Woolf. 2007. Bell pepper (*Capsicum annuum* L.) fruits are susceptible to chilling injury at the breaker stage of ripeness. *HortScience* 42: 1659–1664.
- Liu, H., W. Jiang, J. Cao and Y. Li. 2019. Effect of chilling temperatures on physiological properties, phenolic metabolism and antioxidant level accompanying pulp browning of peach during cold storage. *Sci. Hortri.* 255: 175–182.
- Lyons, J.M. 1973. Chilling injury in plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 24: 445–466.
- Moon, K.M., E.B. Kwon, B. Lee and C.Y. Kim. 2020. Recent trends in controlling the enzymatic browning of fruit and vegetable products. *Molecules.* 25: 2754.
- Morris, L.L. 1982. Chilling injury of horticultural: an overview. *HortScience.* 25: 161–162.
- Shi, J., J. Zuo, F. Zhou, L. Gao, Q. Wang and A. Jiang. 2018. Low-temperature conditioning enhances chilling tolerance and reduces damage in cold-stored eggplant (*Solanum melongena* L.) fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 141: 33–38.
- Siripanich, J. 2010. Postharvest Biology and Plant Senescence. 3<sup>rd</sup> edition. National Agricultural Extension and Training Center, Nakhon Pathom, Thailand. 453 pp.

- Sriyong, M., P. Boonyaritthongchai and C. Wongs-Aree. 2010. Quality and oleoresin changes of fresh pepper under various MAPs. *Agricultural Sci. J.* 41(Suppl.1): 149–152. (in Thai)
- Suamsiri, P. 2008. *Spice Industry*. 3<sup>rd</sup> edition. Wanida Press, Chiangmai, Thailand. 292 pp.
- Wang, C.Y. 1994. Chilling injury of tropical horticultural commodities. *HortScience* 29: 986–988.
- Watkins, C.B., S. Picton and D. Grierson. 1990. Stimulation and inhibition of expression of ripening-related mRNAs in tomatoes as influenced by chilling temperatures. *J. Plant Physiol.* 136: 318–323.
- Wills, R.B.H., W.B. McGlasson, D. Graham and D.C. Joyce. 2007. *Postharvest: An Introduction to the Physiology and Handling of Fruit, Vegetables and Ornamentals*. 5<sup>th</sup> edition. Oxford University Press, England. 252 pp.
- Wongsheree, T., S. Ketsa and W.G. van Doorn. 2009. The relationship between chilling injury and membrane damage in lemon basil (*Ocimum × citriodourum*) leaves. *Postharvest Biol. Technol.* 51: 91–96.